

18a-E18-3

深紫外ピコ秒パルスレーザー光源の実用化に向けた 非線形光学結晶の寿命評価装置の開発

Development of the lifetime evaluation equipment of the nonlinear optical crystals
towards the practical use of the DUV picosecond pulsed lasers

スペクトロニクス㈱, °折井 庸亮, 松原 聖治, 奥山 大輔, 濱部 裕晃,

山垣 美恵子, 村山 伸一, 岡田 穰治

Spectronix, Corp., °Yosuke Orii, Shoji Matsubara, Daisuke Okuyama, Hiroaki Hamabe,

Mieko Yamagaki, Shin-ichi Murayama, George Okada

E-mail: orii@spectronix.co.jp

レーザーを用いた微細加工は非接触でミクロン単位の加工が可能であり、先端デバイス材料に用いられる難加工材料や複合材料の精密加工にも積極的に用いられている。弊社では、年々高まる加工精度と速度への要求に応えるべく 2012 年より利得スイッチング半導体レーザーを種光源とした Hybrid MOPA の開発に着手し、シングルショットから 100MHz の繰り返し周波数で動作するパルス幅 50ps、スペクトル幅 0.1nm の波長 1064nm 基本波光源を実現した。さらに、非線形光学結晶の LBO 結晶と CLBO 結晶で構成される波長変換ユニットにより波長 532nm、355nm と 266nm において平均出力 12W、7W、5W のピコ秒パルスを発生させることに成功した。一方で、深紫外域の波長 266nm ピコ秒パルスレーザーが実用化に至るまでには非線形光学結晶の劣化が課題として残っており、短いパルス幅ながらも狭いスペクトル幅を併せ持つ上記基本波光源が有用な解決手段と考えている。そこで、その有用性を明らかにするため波長 266nm の平均出力とビーム品質(M²値)を含むビームパラメータ、光ヘテロダイン法による非線形光学結晶の屈折率変化^[1]から劣化度合を観測する評価装置を開発した。

評価装置の概略図を図 1 に示す。Hybrid MOPA の第 2 高調波発生より得られる波長 532nm ピコ秒レーザーはレンズ(L1、L2)で拡大され、ダイクロイックミラー(M2)を透過しウィンドウ(W1)を介して乾燥空気でパージされるユニットに入射される。そして、2 軸自動ステージ上に配置され温度制御された結晶ホルダ内の CLBO 結晶に入射される。CLBO 結晶で発生した波長 266nm レーザはダイクロイックミラー(M3、M4)で反射され、ウィンドウ(W3)を介してパージユニットから出射された後に自動シャッターで遮蔽される。自動シャッターは数分毎に開閉し自動ステージ上のパワーメータでその出力が測定される。また、パワーメータは数時間毎に光軸から離れ、266nm レーザがミラー(M6、M7)を介してビームアナライザ(M2-200s)に導光されてそのビームパラメータが測定された後に再び光軸内に戻る。一方、波長安定化横ゼーマンレーザー(STZL)より得られる直交偏波 2 波長レーザー(633nm)はミラー(M1)で反射された後に集光レンズ(L3)を透過し、M2 で反射されて 532nm と同一線状に結合される。そして、W1、CLBO 結晶と M3、ウィンドウ(W2)透過後、ダイクロイックミラー(M5)によって再び分離され、コリメートレンズ(L4)とポラライザ(P2)を透過してフォトダイオード(PD2)で受光される。さらに、CLBO 結晶透過前の PD1 と透過後の PD2 から得られる各ビート信号を位相計に入力することで位相差が得られ、この経時変化から結晶の屈折率の経時変化($\Delta n = \Delta n_e(\theta) - \Delta n_o$)、すなわち劣化が定量化される。加えて、2 軸自動ステージと連動させることで面内分布を測定出来る。図 2 に 5x5x5mm³ の CLBO 結晶による平均出力 1.5W、繰り返し周波数 50kHz 動作時の評価経過と開始直後と 660 時間後の位相差分布図を示す。謝辞 本開発の一部は NEDO (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) ベンチャー企業への実用化助成事業の支援を受けて実施された。ここに謝意を表する。

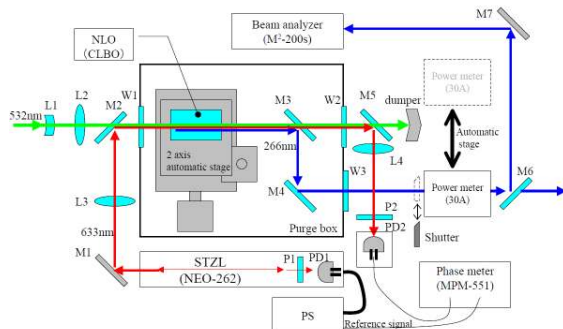


Fig. 1. Schematic of the lifetime evaluation equipment

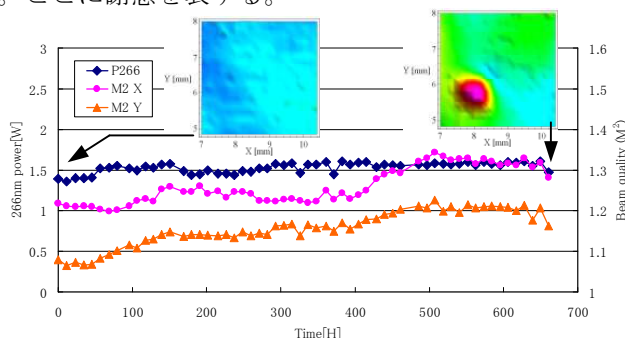


Fig. 2. 1.5W picosecond DUV laser operation at 50kHz

[1] 出来恭一, “CLBO 結晶による Nd:YAG レーザの 4 倍波発生特性 特にその長時間動作特性,” 平成 9 年度電子情報通信学会 第 4 回レーザーエレクトロニクス研究会 (平成 9 年 10 月 14 日) .